

УДК 681.51

Д.Г. КРУГЛИЙ, Е.С. АППАЗОВ, О.М. БЕЗБАХ
Херсонська державна морська академія**СУЧАСНІ СИСТЕМИ ХОДОВОГО МІСТКА ТА ІНФОРМАЦІЙНА ПІДТРИМКА
ЯК ЗАСІБ УПРАВЛІННЯ ДЛЯ ЗМЕНШЕННЯ ЧАСУ
НА ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ СУДНОВОДИЄМ**

Забезпечення безпеки навігації є важливою науковою задачею. Відповідно до вимог безпеки судноплавства керовані судна можуть розглядатися як судна під прямим контролем (власне судно).

Більш перспективним методом планування траєкторій руху суден можна вважати метод розрахунку маневру руху суден, який заснований на погодженні напрямку вектора відносної швидкості з напрямком лінії, що умовно поєднує судна.

Інформаційна підтримка прийняття рішень судноводієм є актуальною і важливою інженерною задачею. Особливо це стосується складних умов навігації, невідповідності критики та швидкої зміни вхідних і вихідних параметрів. Зміна параметрів судна вимагає аналізу з використанням новітніх технологій і використання математико-технічних засобів і методів. Це вимагає швидкого аналізу змінної інформації з урахуванням змінних факторів для успішного досягнення поставленої мети в морській галузі, особисто для штурманів і капітанів, відповідно до основних вимог правил і конвенцій кодексів та керівних положень ІМО.

Ключові слова: ходовий місток, навігація, судно, траєкторія руху, безпека судноводіння, INMARSAT.

Д.Г. КРУГЛИЙ, Э.С. АППАЗОВ, О. М. БЕЗБАХ
Херсонская государственная морская академия**СОВРЕМЕННЫЕ СИСТЕМЫ ХОДОВОГО МОСТИКА И
ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА КАК СРЕДСТВО УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ
СНИЖЕНИЯ ВРЕМЕНИ НА ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ СУДОВОДИТЕЛЕМ**

Обеспечение безопасности навигации является важной научной задачей. В соответствии с требованиями безопасности судоходства управляемые суда могут рассматриваться как суда под прямым контролем (собственное судно).

Более перспективным методом планирования траекторий движения судов можно считать метод расчета маневра движения судов, основанный на согласовании направления вектора относительной скорости с направлением линии, которая условно соединяет суда.

Информационная поддержка принятия решений судоводителем является актуальной и важной инженерной задачей. Особенно это касается сложных условий навигации, несоответствия критики и быстрого изменения входных и исходных параметров. Изменение параметров судна требует анализа с использованием новейших технологий и использования математико-технических средств и методов. Это требует быстрого анализа переменной информации с учетом переменных факторов для успешного достижения поставленной цели в морской отрасли, лично для штурманов и капитанов в соответствии с основными требованиями правил и конвенций кодексов и руководящих положений ИМО.

Ключевые слова: ходовой мостик, навигация, судно, траектория движения, безопасность судовождения, INMARSAT.

D.G. KRUGLIY, E.S. APPAZOV, O.M. BEZBAKH
Kherson State Maritime Academy

MODERN SYSTEMS OF THE RUNNING BRIDGE AND INFORMATION SUPPORT AS A CONTROL MEANS TO REDUCE THE TIME FOR WATCH OFFICER'S DECISION-MAKING

At present, providing navigation safety is an important scientific area. In accordance with the requirements for safety of navigation, a managed vessel may be considered as a vessel under direct control (own ship). In relation to the rest of the vessels, the term "ship-target" will be lawful.

All objects within the water area, other than the own vessel (which are ships, and are not ships – for example, the coastline), are called obstacles. Static objects are objects without motion, dynamic objects – moving vessels that change speed or course. Taking into account the influence of the environment during the decision of the tasks of navigation security means understanding the direction and strength of the wind or currents. Solving these problems is an urgent task.

Methods of navigation safety for vessels was analyzed:

- Methods of early detection of the possibility of dangerous convergence of vessels;*
- Management methods for leaving the ship from dangerous convergence;*
- Methods of planning the trajectory for the safe movement of the vessel.*

A more perspective method for planning the trajectories of vessel traffic can be considered a method of calculating the maneuver of vessels evading, based on the combined direction of the relative speed vector with the direction of the line connecting the vessels.

The informational support for navigator's decision making is an actual and important engineering task. This is especially true for difficult conditions of navigation, the inconsistency of criticisms and the rapid change of input and output parameters. Changing the vessel's parameters requires an analysis using the latest technology and the use of mathematical and technical means and methods. These requires are a quick analysis of the variable information, taking into account the fluid factors for the successful accomplishment and achievement of the goal by the marine industry. Personally by navigators and captains in accordance with the basic requirements of rules and conventions of IMO codes and guidelines.

Keywords: navigation bridge, navigation, vessel, trajectory of motion, safety of navigation, INMARSAT.

Постановка проблеми

На теперішній час забезпечення навігаційної безпеки судноводіння є актуальним науковим напрямком [1–3]. Відповідно вимогам забезпечення навігаційної безпеки кероване судно може розглядатися, як судно, що перебуває під безпосереднім контролем (власне судно). По відношенню до решти суден буде правомірним застосування терміну "судно-мета". Всі об'єкти, що знаходяться у межах акваторії, крім керованого судна (які є суднами, так і не є суднами – наприклад, берегова лінія), називаються перешкодами. Статичні об'єкти – це об'єкти без руху, динамічні об'єкти – рухомі судна, що змінюють швидкість або курс. Для урахування впливу зовнішнього середовища під час розв'язання задач забезпечення навігаційної безпеки судноводіння, до відповідних математичних моделей включають функції, які описують напрямок і силу вітру або течій.

Серед методів забезпечення навігаційної безпеки руху суден можна окремо виділити ті, які належать до оптимізаційних методів. Тобто ці методи містять

оптимізуючі процедури, наприклад, обчислення найкоротшого шляху для суден, траєкторії суден з мінімальною кількістю маневрів тощо. Динамічні моделі руху суден мають враховувати особливості руху обмеженими акваторіями, до яких належать, наприклад, бухти, протоки тощо.

Методи забезпечення навігаційної безпеки руху суден можна розподілити на три категорії:

- методи завчасного виявлення можливості небезпечного зближення суден (оцінки ризику небезпечного зближення);
- методи маневрування для відходу судна від небезпечного зближення (попередження небезпечного зближення);
- методи планування траєкторії безпечного руху судна.

Застосування методів оцінки ризику небезпечного зближення суден повинно дозволяти вчасно попереджувати судноводія про те, що існує ризик зіткнення з перешкодою або зближення з нею на неприпустимо малу відстань. Методи попередження небезпечного зближення повинні визначати алгоритм дій судноводія, який дозволяє уникнути небезпечного зближення з іншими об'єктами.

Мета дослідження

Метою дослідження є проведення аналізу комплексу проблем, які пов'язані з забезпеченням навігаційної безпеки суден та функціонуванням відповідних технічних засобів для створення системи підтримки прийняття рішень судноводієм.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Методи планування траєкторії руху судна дозволяють прогнозувати майбутню навігаційну ситуацію на основі поточної навігаційної обстановки і розрахувати плановану траєкторію судна таким чином, щоб забезпечити рух керованого судна на безпечній дистанції від інших об'єктів. Методи планування траєкторії руху суден на сучасному етапі розвитку автоматизації судноводіння можуть бути ефективно реалізовані в інтегрованих системах ходового містка судна [1, 4, 11, 12].



Рис. 1. Методи забезпечення навігаційної безпеки руху суден [4, С. 18].

Сучасні інтегровані системи ходового містка судна (англ. Integrated Bridge System) потребують обов'язкової наявності у персоналу, що їх використовують, таких компетенцій, як опанування систем програмно-апаратного комплексу. В його складі має бути застосований системний підхід до автоматизації процесів збору, обробки, відображення інформації. Також повинна бути реалізована функція навігації, управління судном, радіозв'язку і забезпечення безпеки з метою досягнення максимальної ефективності несення ваhti на містку. Інтегрована система ходового

містка (позначається у вітчизняній літературі ICM) відноситься до класу інформаційно-керуючих систем [2, 4–7].

У методах оцінки ризиків, що можуть виникнути внаслідок небезпечного зближення суден, базовим поняттям є точка найкоротшого зближення суден (англ. Closest Point of Approach – CPA). У судноводінні вважається, що при безпечному русі найкоротша відстань між судами має бути більше деякого критичного значення. Під час розробки або реалізації методів планування траєкторії руху суден у ICM необхідно враховувати також величини "час руху до точки найкоротшого зближення суден" (англ. Time of Closest Point of Approach – TCPA) і "відстань до точки найкоротшого зближення суден" (англ. Distance to Closest Point of Approach – DCPA). З метою моделювання ризиків зіткнення суден використовуються уявлення про деякі "зони навігаційної безпеки" навколо кожного судна, які також мають назву "корабельний домен" [1].

ICM утворюється шляхом установки зв'язків між окремими її частинами з застосуванням спеціальних програм для забезпечення їх спільної роботи. Інтеграція систем ходового містка дозволяє:

- автоматизувати виконання комплексних завдань судноводіння;
- створити єдине інформаційне середовище як основу ефективної підтримки рішень вахтового помічника;
- організувати централізований контроль за роботою обладнання, від якого залежить безпека судна і вантажу;
- забезпечити централізоване управління силовими засобами та іншим обладнанням судна.

Основними в функціонуванні ICM є параметри, характеристики та зміст зовнішніх і внутрішніх інформаційних взаємодій. Це визначає побудову ICM як інформаційної мережі, в якій взаємодія між частинами проводиться відповідно до спеціального протоколу. Зразки ICM, які випускаються різними фірмами, мають певні відмінності за складом, списком функцій, які вони здатні виконувати, та дизайном. Типовий інтегрований місток містить:

- систему навігаційних датчиків (Navigation Sensors);
- навігаційно-інформаційну систему – НІС (Navigation and Information System);
- систему для попередження зіткнень – СПЗ (Collision Assessment and Avoidance System);
- систему оцінки і оптимізації мореплавства – СОМ (Vessel Seaworthiness Assessment and Optimization System);
- систему планування і оптимізації шляху – СПШ (Voyage Planning and Route Optimization System);
- станцію управління рухом судна – СУР (Maneuvering Control Station);
- централізовану систему моніторингу і сигналізації – ЦСМ (Centralized Monitoring and Alarm System);
- інтегровану систему радіозв'язку – ІСР (Integrated Radio Communication System – IRCS);
- реєстратор даних рейсу – РДР (Voyage Data Recorder – VDR);
- консоль управління рухом з крил містка судна (Bridge Wing Console) тощо.

ICM можуть поставлятися в різних конфігураціях. Сучасні ICM відповідають вимогам до керування судном однією людиною (One Man Bridge Operations – OMBO). У них один пульт управління з декількома робочими місцями для судноводіїв. Основою практично всіх систем, що входять в ICM, є персональний комп'ютер, монітор якого вмонтовано в спеціальну консоль. До недавнього часу ICM використовували звичайні

дисплеї з ЕЛТ. Однак на сучасному етапі їм на зміну приходять плоскі рідкокристалічними (РК, LCD) монітори [4].

Тонкі РК монітори, що використовуються у ІСМ, зараз дуже досконалі: вони забезпечують якісне контрастне, яскраве, виразне зображення. Раніше рідкокристалічні технології були повільніші, володіли великою інерційністю, особливо помітною при перегляді динамічних зображень навігаційної ситуації, їх рівень контрастності був низький. У даний час використання РК технологій має переваги перед традиційними дисплеями на ЕЛТ. У порівнянні з дисплеями на ЕЛТ, РК монітор не схильний до впливу магнітних полів, не має сферичних спотворень, менше відбиває світло, що покращує видимість в сонячних умовах. У РК технології кожен окремий піксель управляється окремим транзистором. Чіткість одержуваного на рідкокристалічному дисплеї зображення вище в порівнянні монітором на ЕЛТ. На відміну від дисплеїв на ЕЛТ у рідкокристалічній панелі не може бути ні променів відсутності зведення промінів, ні відсутності фокусування. До цього слід ще додати малі габарити і вагу, нижчу вартість і менше енергоспоживання.

Окрім вищезгаданого обладнання, судноводій повинен вміти користуватись приладами та пристроями "Глобального морського зв'язку для пошуку та рятування" (Global Maritime Distress and Safety System – GMDSS).

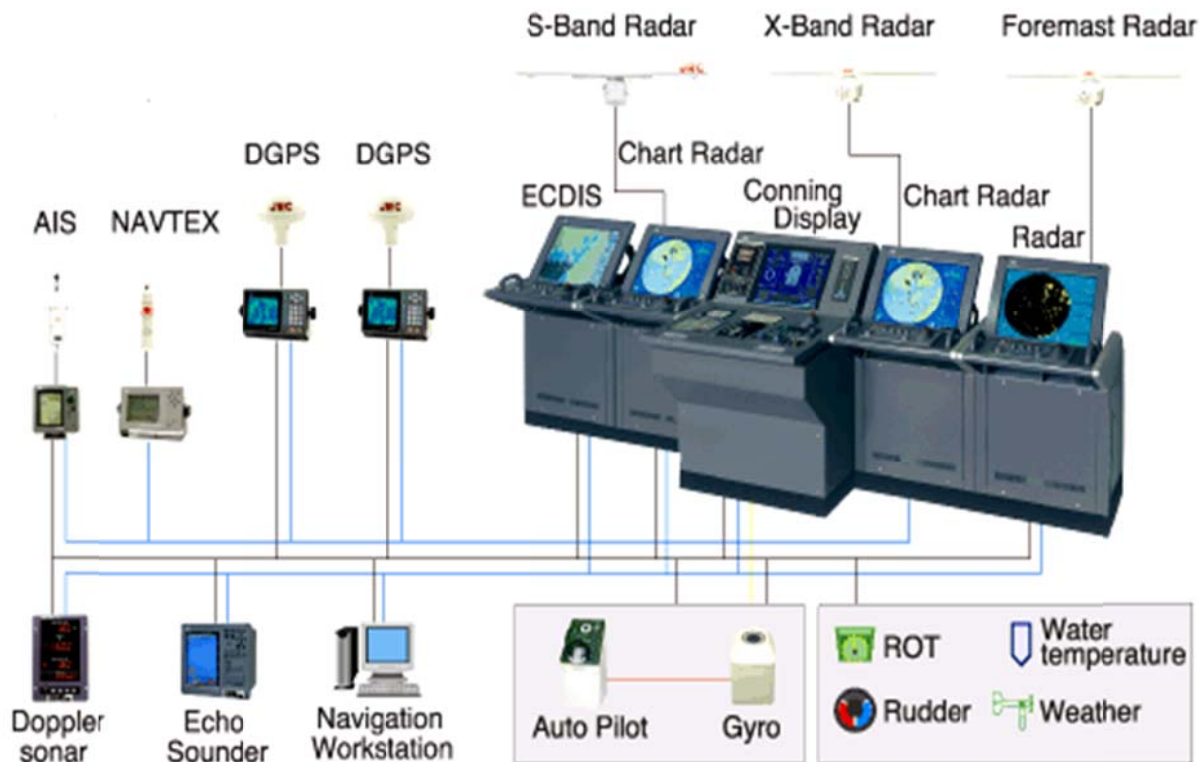


Рис. 2. План ІСМ, що відповідає вимогам до керування судном однією людиною (англ. One Man Bridge Operations – OMBO) [4, С. 76].

Викладення основного матеріалу дослідження

На містку присутні – УКХ та КХ обладнання, консоль для зв'язку за допомогою системи Inmarsat C (до її функцій входить відслідковування місцеположення, кодування інформації системи). Крім того, на містку в наявності також повний перелік електронавігаційного обладнання – датчиків, зокрема:

гірокомпас, магнітний компас, флюкс-гейт компас, відносний лаг, абсолютний лаг, ехолот.

Перелік навігаційних приладів і систем, які обов'язково повинні бути на судах, регламентовано конвенцією СОЛАС, розділ V, правило 19. В 1999 році цей розділ був значно перероблений з врахуванням досвіду мореплавства, технічних здобутків та вдосконалень. У переробленому вона вигляді вступила в дію з 01.07.2002 р [8, 9, 13].

Зміни навколишнього середовища потребують обов'язкових адекватних корекцій підтримки інформаційного оточення, особливо систем морської галузі. Системи супутникової інформаційної підтримки зв'язку в системі GMDSS змінюються зі змінною швидкістю [10]. Прикладом є система INMARSAT. На рис. 2 відображено кінцевий стан міграції головних супутників системи.

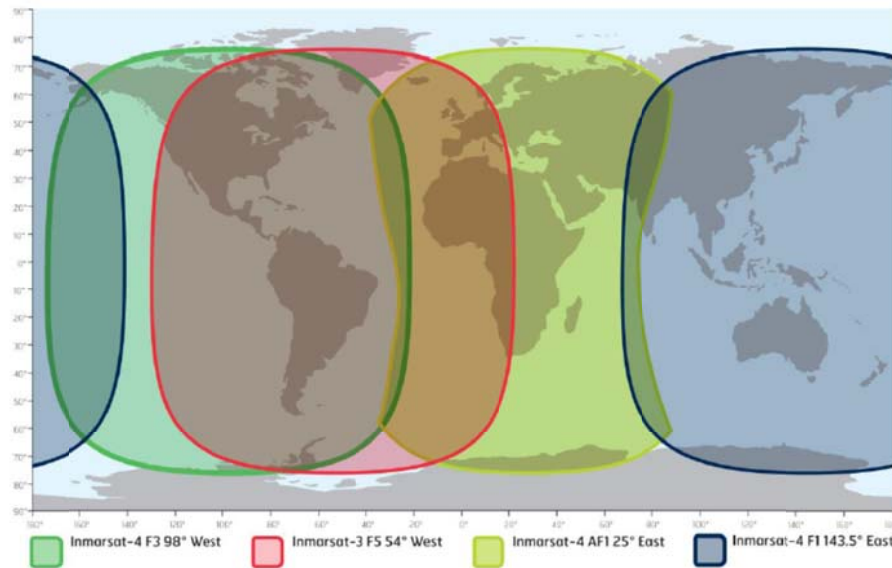


Рис. 3. Покриття супутниками після міграції [10, С. 26].

Швидкість обробки інформації системою можливо прискорити. Саме з цієї причини в апаратурі ICM переходять з традиційних моніторів на ЕЛТ на рідкокристалічні. Як приклад, можна навести систему ICM Manta Digital фірми Kelvin Hughes. Плоскі РК дисплеї використовуються також в окремому судновому устаткуванні, що випускається: навігаційних-інформаційних системах з електронними картами, наприклад ECDIS JRC JAN-901B, сучасних РЛС, що по суті представляють собою інтеграцію радіолокаційного приймача з персональним комп'ютером, наприклад суднова РЛС JRC серії JMR-5400, тощо.

Під час розробки методів планування траєкторій руху суден можна використовувати варіант індикатора зіткнення, який заснований на аналізі векторів швидкостей руху суден. Індикатор враховує "лінію небезпеки зіткнення" (англ. Collision Danger Line – CDL) і "область небезпеки зіткнення" (англ. Collision Danger Sector – CDS), лінія, що з'єднує два судна (sight-line або line-of-sight – LOS). Якщо рух судна такий, що кінець вектора швидкості лежить на "лінії небезпеки зіткнення", тоді цей рух веде до небезпеки. Судноводій повинен маневрувати таким чином, щоб кінець вектора швидкості не потрапляв на цю лінію [2].

Такий метод планування траєкторій руху суден може підійти для сигналізації про можливе зіткнення і візуалізації можливих параметрів маневрів, але не вирішує завдання вибору оптимального маневру. Метод ніяк не враховує вимоги Міжнародних правил попередження зіткнення суден у морі (МППЗС) і може призводити до ситуацій, коли судноводій при формальному виконанні рекомендацій буде змушений постійно

залишатися в кільватері судна-цілі або йти паралельно йому. Крім того, в разі знаходження на траєкторії великої кількості суден судноводієві буде важко прийняти рішення через особливості візуалізації інформації таким способом (рис. 4).

На рис. 5 наведені курси і швидкості керованого судна і судна-цілі, а також лінія, що умовно поєднує судна (LOS) і параметри, що визначають її прогнозовану зміну.

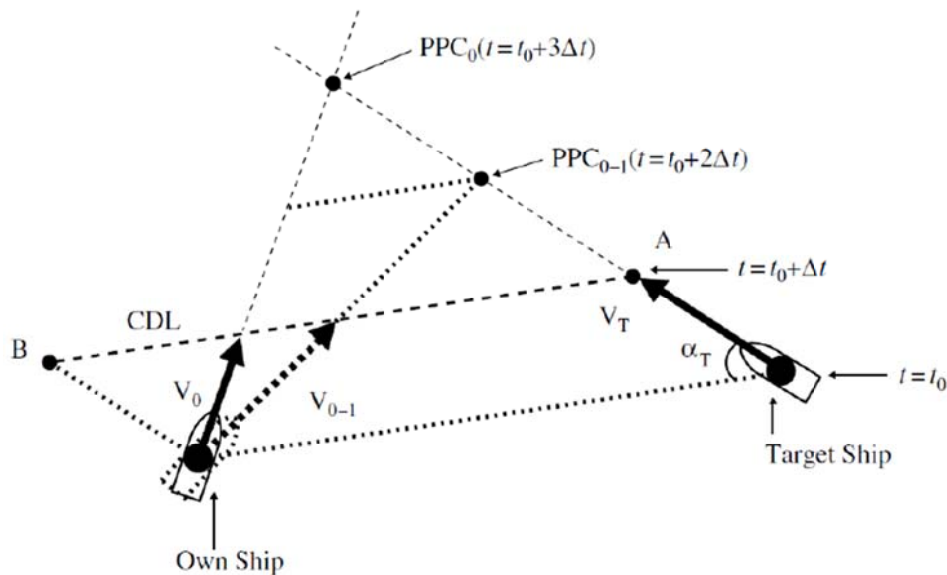


Рис. 4. Ілюстрація терміну «лінії небезпеки зіткнення», кінець вектору швидкості керованого судна не повинен лежати на лінії CDL [2, С 418].

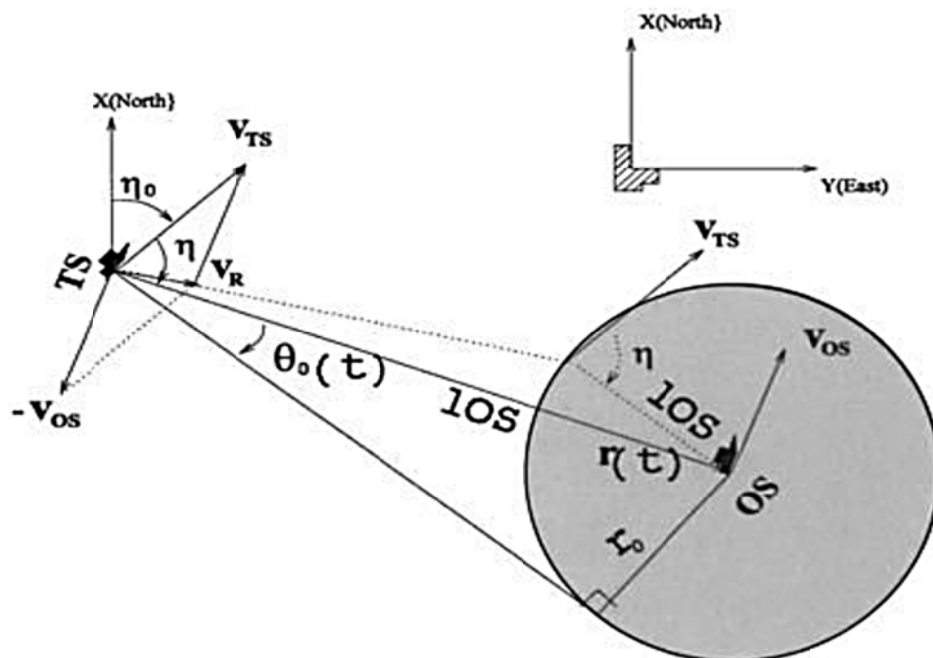


Рис. 5. Геометрична схема відносного руху двох суден [3, С. 117].

Більш перспективним методом планування траєкторій руху суден можна вважати метод обчислення маневру ухилення судна, заснований на поєднанні напрямку

вектору відносної швидкості з напрямком лінії, що з'єднує судно (LOS), що є умовою зіткнення [3].

Умови можливого зіткнення суден допустимо сформулювати наступним чином: відстань між "корабельними доменами" не має бути менше критичного значення; напрямок вектора відносної швидкості повинен бути близьким до напрямку лінії, що поєднує судна (LOS); швидкість зміни вектора відносної швидкості повинна бути близька до швидкості зміни напрямку лінії, що з'єднує судна (LOC). Даний метод пропонує управляти рухом суден виключно за допомогою зміни курсу.

Висновки

Інформаційна підтримка при прийнятті рішень судноводієм є актуальною та важливою інженерною задачею. Особливо це стосується важких умов плавання, невизначеністю критеріїв та швидкою зміною вхідних і вихідних параметрів. Аналіз зміни параметрів руху судна потребує використання новітніх технологій, застосування математичних методів та технічних засобів. А це потребує оперативного аналізу змінної інформації, врахування факторів, які швидко змінюються у часі, для успішного виконання і досягнення мети працівниками морської галузі, особисто штурманами і капітанами згідно основних вимог директивних матеріалів і конвенцій щодо організації ІМО кодексів і настанов.

Пропонується подальший розвиток інформаційної системи підтримки прийняття рішень судноводієм як основи створення принципово нових технічних засобів - берегових систем управління групами суден в умовах високої інтенсивності та неоднорідності руху.

Список використаної літератури

1. Головченко Б.С., Гриняк В.М. Информационная система сбора данных о движении судов на морской акватории. *Вестник государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова*. 2014. № 2. С. 156–162.
2. Petersen E., Inoue K., Tsugane M. Simulator Studies on a Collision Avoidance Display that Facilitates Efficient and Precise Assessment of Evasive Maneuvers in Congested Waterways. *Journal of Navigation*. 2003. Vol. 56. P. 411–427. DOI: 10.1017/S0373463303002388
3. Wilson P.A., Harris C. J., Hong X. A Line of Sign Counteraction Navigation Algorithm for Ship Encounter Collision Avoidance. *Journal of Navigation*. 2003. Vol. 56. № 1. P. 111–121. DOI:10.1017/S0373463302002163.
4. Леонов В.Е., Дмитриев В.И., Безбах О.М., Гуров А.А., Сыс В.Б., Ходаковский В.Ф. Современные информационные технологии обеспечения безопасности судоходства и их комплексное использование : монография. Под ред. профессора В. Е. Леонова. Херсон : ХГМА, 2014. 324 с.
5. Пономарев Я.Л. Адаптивная к требованиям судов различного класса технология формирования рабочих мест судоводителей в составе интегрированных мостиковых систем. СПб.: ЗАО "Транзас", 2013. 60 с.
6. Дмитриев В.И. Информационные технологии обеспечения безопасности судоходства и их комплексное использование (e-NAVIGATION). М.: Моркнига, 2013. 176 с.
7. Гриняк В.М., Аникеева А.С., Васильченко Н.Ю., Гусев Е.Г. О планировании вычислительных экспериментов при исследовании методов обеспечения безопасности коллективного движения судов. *Современные наукоемкие технологии*. 2016. № 4–2. С. 230–234.

8. Ермаков С.В. Метод формализованной оценки сложности навигационной ситуации. *Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала Макарова С.О.* 2014. № 4 (26). С. 26–31.
9. Baillod F. Collisions – Why do they occur? *The Nautical Institute News (United Kingdom)*. 2004. № 173.
10. I-3 to I-4 migration – Inmarsat C (Inm-C) service guide/ URL: https://www.inmarsat.com/wpcontent/uploads/2018/09/INM_C_I3_I4_migration_guide_V3.0.pdf.
11. Кулинич А.И., Маринич А.Н., Припотнюк А.В., Устинов Ю.М. Повышение технико-экономических характеристик центров мониторинга судоходства. *Спутниковые технологии и бизнес: спец. приложение журнала "Connect. Мир информационных технологий"*. 2014. № 4. С. 40–42.
12. Львов В.Е., Мальцев А.С. Метод улучшения компенсационных свойств системы управления курсом судна. *Судовождение: сб. науч. тр.* Одесса: ОНМА. 2008. Вып. 15. С. 99–103.
13. Соколов С.С. и др. Эффективные информационные модели транспортных процессов. Материалы Международной научно-практической конференции *"Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании"*. Одесса: Феникс, 2012. Вып. 4, Т. 13. С. 38–42.

References

1. Golovchenko, B. S., & Grinjak V. M. (2014) Informacionnaja sistema sbora dannyh o dvizhenii sudov na morskoy akvatorii. *Vestnik gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova*. **2**, 156–162.
2. Petersen, E., Inoue, K., & Tsugane, M. (2003) Simulator Studies on a Collision Avoidance Display that Facilitates Efficient and Precise Assessment of Evasive Maneuvers in Congested Waterways. *Journal of Navigation*. **56**, 411–427. DOI: 10.1017/S0373463303002388
3. Wilson, P. A., Harris, C. J., & Hong, X. (2003) A Line of Sign Counteraction Navigation Algorithm for Ship Encounter Collision Avoidance. *Journal of Navigation*. **56**, 1, 111–121. DOI:10.1017/S0373463302002163.
4. Leonov, V. E., Dmitriev, V. I., Bezbah, O. M., Gurov, A. A., Syis, V. B., & Hodakovskiy, V. F. (2014) *Sovremennyye informatsionnyye tehnologii obespecheniya bezopasnosti sudohodstva i ih kompleksnoe ispolzovanie : monografiya*. Pod red. professora V. E. Leonova. Herson : HGMA.
5. Ponomarev, Ya. L. (2013) *Adaptivnaya k trebovaniyam sudov razlichnogo klassa tehnologiya formirovaniya rabochih mest sudovoditeley v sostave integrirovannykh mostikovykh sistem*. SPb.: ZAO "Tranzas".
6. Dmitriev, V. I. (2013) *Informatsionnyye tehnologii obespecheniya bezopasnosti sudohodstva i ih kompleksnoe ispolzovanie (e-NAVIGATION)*. M.: Morkniga.
7. Grinyak, V. M., Anikeeva, A. S., Vasilchenko, N. Yu., & Gusev, E. G. (2016) O planirovanii vyichislitelnykh eksperimentov pri issledovanii metodov obespecheniya bezopasnosti kollektivnogo dvizheniya sudov. *Sovremennyye naukoemkie tehnologii*. **4–2**, 230–234.
8. Ermakov, S. V. (2014) Metod formalizovannoy otsenki slozhnosti navigatsionnoy situatsii. *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala Makarova S.O.* **4** (26), 26–31.
9. Baillod F. (2004) Collisions – Why do they occur? *The Nautical Institute News (United Kingdom)*. **173**.

10. I-3 to I-4 migration – Inmarsat C (Inm-C) service guide/ URL: https://www.inmarsat.com/wp-content/uploads/2018/09/INM_C_I3_I4_migration_guide_V3.0.pdf.
11. Kulinich, A. I., Marinich, A. N., Pripotnyuk, A. V., & Ustinov, Yu. M. (2014) Povyishenie tehniko-ekonomicheskikh harakteristik tsentrov monitoringa sudohodstva. *Sputnikovyye tehnologii i biznes: spets. prilozhenie zhurnala "Connect. Mir informatsionnykh tehnologiy"*. **4**, 40–42.
12. Lvov B. E., & Maltsev A. S. (2008) Metod uluchsheniya kompensatsionnykh svoystv sistemy upravleniya kursom sudna. *Sudovozhdenie: sb. nauch. tr. Odessa: ONMA*. **15**, 99–103.
13. Sokolov, S. S. i dr. (2012) Effektivnyie informatsionnyie modeli transportnykh protsessov. *Materialyi Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii "Sovremennyye problemy i puti ih resheniya v nauke, transporte, proizvodstve i obrazovanii"*. Odessa: Feniks. **4**, 13, 38–42.